



گیاه پزشکی (مجله علمی کشاورزی)

جلد ۴۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱

doi 10.22055/ppr.2022.17885

تأثیر میزبان‌های مختلف غلات بر ویژگی‌های رشد جمعیتی

شب پره‌ی مدیترانه‌ای آرد، *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)

سجاد پاشایی^۱، جبرائیل رزمجو^{۲*}، هوشنگ رفیعی دستجردی^۲، عسگر عباداللهی^۳ و بهرام ناصری^۲

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- *نویسنده مسوول: استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (razmjou@uma.ac.ir)
۳- دانشیار گروه علوم گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۵

چکیده

شب پره‌ی مدیترانه‌ای آرد، *Ephestia kuehniella* Zeller آفنی همه‌جازی بوده و دارای طیف میزبانی گسترده روی فرآورده‌های انباری است. در پژوهش حاضر، تأثیر ارقام و گونه‌های مختلف غلات شامل گندم (ارقام معراج، آفتاب و پایا)، جو (ارقام اکسین، فردان و فراز)، برنج (رقم هاشمی)، ذرت (هیبرید ۷۰۴)، سورگوم (رقم اسپیدفید)، چاودار (رقم دانتکو) و ارزن (رقم مرواریدی) روی فراسنجه‌های زیستی و جمعیتی شب پره‌ی مدیترانه‌ای آرد مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این، برخی از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی میزبان‌های مختلف غلات نیز مورد مطالعه قرار گرفت تا ارتباط احتمالی بین این خصوصیات با فراسنجه‌های جدول زندگی آفت نیز مورد بررسی قرار گیرد. نتایج این مطالعه نشان داد که طولانی‌ترین طول مدت دوره نابالغ بید آرد روی میزبان ارزن (۶۶/۵۷ روز) و کوتاه‌ترین دوره پیش از بلوغ روی میزبان‌های گندم (ارقام پایا و آفتاب)، برنج و ذرت بود. میزان زادآوری روی میزبان ارزن ($49/10 \pm 2/92$ تخم) به طور معنی‌داری کمتر از بقیه غلات بود، در حالی که بیش‌ترین مقدار آن روی میزبان ذرت ($136/18 \pm 7/36$ تخم) به‌دست آمد. بیشترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) مربوط به حشرات پرورش یافته روی میزبان ذرت (۰/۰۶۷ بر روز) و کمترین آن مربوط به حشرات پرورش یافته روی میزبان ارزن (۰/۰۳۳ بر روز) مشاهده شد. هم‌چنین، بین فراسنجه‌های زیستی آفت همبستگی مثبت یا منفی با درصد رطوبت، شاخص سختی، غلظت پروتئین و نشاسته غلات مختلف وجود داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که میزبان‌های ارزن و سورگوم به عنوان میزبان‌های نسبتاً مقاوم و بالعکس، گندم (رقم معراج) و ذرت به‌عنوان مطلوب‌ترین میزبان جهت پرورش انبوه شب پره مدیترانه‌ای بودند.

کلیدواژه‌ها: رژیم‌های غذایی، جدول زندگی، متابولیت‌های اولیه گیاهی، آرد غلات

دبیر تخصصی: دکتر آرش راسخ

Citation: Pashaei, S., Razmjou, J., Rafiee Dastjerdi, H., Ebadollahi, A. & Naseri, B. (2023). Effect of various cereal hosts on population growth traits of the mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 45(4), 1-17. <https://doi.org/10.22055/ppr.2022.17885>.

مقدمه

شب پره‌ی مدیترانه‌ای آرد، (*Lepidoptera: Pyralidae*) *Ephestia kuehniella* Zeller یکی از آفات مهم محصولات انباری بوده که در جهان به طور گسترده پراکنده شده است (Philips & Strand, 1994; Eliopoulos & Stathas, 2005; Abdi et al., 2014). لاروهای این حشره یکی از آفات مهم آرد می‌باشد و اغلب در آسیاب‌ها، نانوائی‌ها و انبارهای آرد دیده می‌شود (Xu et al., 2008). یکی از راهکارهای مدیریت حشرات آفت، روش کنترل بیولوژیک با به کارگیری دشمنان طبیعی (پارازیتوئیدها یا شکارگرها) آنهاست (Iranipour et al., 2009). با توجه به سازگاری روش کنترل بیولوژیک با دیگر روش‌های کنترل آفات و عدم اثرات جانبی روی محیط زیست و سلامت انسان، این روش اهمیت قابل توجهی در مدیریت تلفیقی آفات دارد (Scholler et al., 1997). اجرای یک برنامه موفق کنترل بیولوژیک تا حد زیادی به پرورش میزان آزمایشگاهی مناسب وابسته است. در حالی که شب پره مدیترانه‌ای آرد آفت مهم فرآورده‌های انباری می‌باشد، ولی از تخم‌ها و لاروهای این آفت جهت پرورش انبوه برخی از پارازیتوئیدها و شکارگرها استفاده می‌شود (Corbet, 1973; Rees, 2003). لاروهای این آفت به عنوان رایج‌ترین میزان واسط آزمایشگاهی، برای پرورش انبوه زنبور (*Habrobracon hebetor* (Say)) استفاده گسترده‌ای دارد (Brower & Press, 1990; Darwish et al., 2003). در ایران نیز از تخم‌های *E. kuehniella* و بید غلات زنبورهای تریکوگراما (*Sitotroga cerealella* Olivier و *Trichogramma brassicae*) برای پرورش انبوه استفاده می‌شود (Iranipour et al., 2009). استفاده از کنترل بیولوژیک در مدیریت آفات زمانی موفقیت آمیز خواهد بود که جنبه‌های مختلف زیستی و رفتاری میزان‌های واسط آنها به دقت مورد مطالعه و بررسی قرار

گیرد که این جنبه‌ها از طریق بررسی‌های آزمایشگاهی تعیین می‌شوند (Yazdanian, 2000). در مطالعه‌ای، فرمول غذایی ۹۷ درصد آرد گندم و ۳ درصد مخمر را برای پرورش این حشره ارایه نموده‌اند (Crutti et al., 1992). هم‌چنین، در تحقیق دیگری، نشو و نما و باروری شب پره آرد را روی چند رژیم غذایی تهیه شده از آرد و سبوس گندم به صورت خشک و مرطوب بررسی کردند. نتایج نشان داد که مطلوب‌ترین رژیم غذایی این آفت، رژیم غذایی ۷۵ درصد آرد گندم و ۲۵ درصد سبوس گندم می‌باشد که به دلیل تأثیر رطوبت آن در افزایش بقا و کاهش دوره لاروی پیشنهاد نمود که در تهیه این نوع رژیم غذایی از آرد و سبوس‌هایی که درصد رطوبت آن حدود ۱۴ درصد باشد، استفاده گردد (Yazdanian, 2000). در چندین مطالعه، تأثیر میزان‌ها و ارقام مختلف گیاهی، دما، رطوبت، رقابت درون گونه‌ای و تراکم لارو روی ویژگی‌های زیستی و تغذیه‌ای، جدول زندگی و میزان فعالیت آنزیم‌های گوارشی شب پره‌ی مدیترانه‌ای آرد بررسی شده است (Vinuela & Marco, 1990; Subramanyam & Hagstrum, 1993; Shafique et al., 1994; Blumel, 1996; Xu et al., 2008; Locatelli & Limonta, 1998; Xu, 2010; Abdi et al., 2014; Bidar et al., 2016). در مطالعه‌ای، تأثیر رقم‌های مختلف گندم روی فراسنجه‌های زیستی شب پره مدیترانه‌ای آرد توسط (Madboni & Pourabad, 2012) بررسی شد و بیشترین و کمترین زادآوری به ترتیب در رقم‌های آذر ۲ و رصد مشاهده شد. Abdi et al. (2014) نیز فراسنجه‌های زیستی *E. kuehniella* را روی آرد ۹ رقم گندم بررسی نمود و نتایج نشان داد که رقم‌های گندم پیش‌تاز و N-86-7 ارقام مناسب برای تغذیه و پرورش این حشره بودند. با توجه به خسارت اقتصادی شب پره مدیترانه‌ای آرد در انبارهای غلات کشور ما، پژوهشگران بسیاری را به پژوهش

۵ ± ۶۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی پرورش داده شد. برای پرورش این شب‌پره از ظروف پلاستیکی نیمه شفاف به ابعاد ۶ × ۲۰ سانتی‌متر استفاده گردید. جهت تأمین تهویه، در قسمت درپوش این ظروف دریچه‌ای ایجاد شده و با پارچه توری پوشانده شد. کلنی این آفت روی آرد میزبان‌های مختلف غلات برای مدت یک نسل پرورش داده شد و از تخم یک روزه برای انجام آزمایش‌های جدول زندگی استفاده شد.

بررسی فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیت شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد روی میزبان‌های مختلف غلات

برای مطالعه طول دوره نشو و نما و بقای مراحل نابالغ شب‌پره‌ی آرد روی هر کدام از میزبان‌ها، تعداد ۶۰ عدد تخم یک روزه انتخاب شد. تخم‌ها به صورت انفرادی همراه با چند گرم آرد هر میزبان به ظروف پتری ۶ سانتی‌متری منتقل شدند. پتری‌های حاوی میزبان‌های مختلف به صورت روزانه مورد بررسی قرار گرفت و تا زمان ظهور حشرات کامل نگهداری شدند و طول دوره نشو و نما و بقای مراحل نابالغ بید آرد روی هر یک از میزبان‌ها ثبت گردید. پس از ظهور حشرات کامل، جنسیت پروانه‌ها با مشاهده انتهای شکم آنها تعیین شد و هر جفت نر و ماده برای تخم‌ریزی به ظروف تخم‌گیری منتقل شدند. تعداد تخم‌های گذاشته شده و طول عمر آنها ثبت شد. این کار تا زمان مرگ همه‌ی حشرات کامل ادامه داشت و از داده‌های یادداشت شده برای تشکیل جدول زندگی دو جنسی سن-مرحله استفاده گردید. آزمایش‌ها در اتاقک رشدی با شرایط دمایی $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ، رطوبت نسبی 5 ± 60 درصد و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام شد (Naseri & Bidar, 2015).

فراسنجه‌های رشد جمعیت با استفاده از جدول زندگی دو جنسی و از طریق معادلات زیر محاسبه شدند (Chi, 1988):

روی جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی این آفت روی غلات مختلف سوق داده است. هدف مهم تحقیق حاضر، بررسی فراسنجه‌های جدول زندگی شب‌پره آرد در واکنش به تغذیه از آرد میزبان‌های مختلف غلات، شامل گندم (ارقام معراج، آفتاب و پایا)، جو (ارقام اکسین، فردان و فراز)، برنج، ذرت، سورگوم، چاودار و ارزن است. در این تحقیق متابولیت‌های اولیه (محتوای پروتئین و نشاسته) و خصوصیات فیزیکی (درصد رطوبت و سختی) میزبان‌ها نیز اندازه‌گیری شد تا ارتباط بین این خصوصیات با ویژگی‌های زیستی بید آرد مشخص شود. هم‌چنین، با وجود اینکه آرد گندم میزبان مهم و اصلی *E. kuehniella* می‌باشد، اما با در نظر گرفتن هزینه تولید انبوه موجب شده است تا مواد غذایی دیگری نیز برای پرورش *E. kuehniella* مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین با توجه به ضرورت یافتن میزبانی مناسب جایگزین گندم از سایر غلات که از نظر ارزش غذایی بسیار نزدیک به گندم می‌باشد، مطالعه حاضر طراحی و انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

میزبان‌های غلات

دانه‌های میزبان‌های مختلف غلات شامل گندم (ارقام آفتاب، پایا و معراج)، جو (ارقام فردان، فراز و اکسین)، برنج (رقم هاشمی)، ذرت (هیبرید ۷۰۴)، سورگوم (رقم اسپیدفید)، چاودار (رقم دانکو) و ارزن (رقم مرواریدی) از مرکز تحقیقات کشاورزی مغان تهیه شد. دانه‌های ارقام مختلف توسط دستگاه آسیاب برقی آرد شدند و از آرد این میزبان‌ها برای پرورش آفت و هم‌چنین تعیین خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی استفاده شد.

پرورش شب‌پره مدیترانه‌ای آرد

جمعیت اولیه شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد از کلنی موجود در گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه و در اتاقک رشد در دمای 26 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی

غلظت پروتئین موجود در دانه‌های غلات

به منظور سنجش غلظت پروتئین در میزان‌های مختلف، ۲۰۰ میلی گرم از آرد هر رقم، همراه با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر همگن شد. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از مواد همگن شده به ۳ میلی لیتر از معرف برادفورد اضافه شده و جذب آن‌ها در طول موج ۵۹۵ نانومتر تعیین شد (Bradford, 1976).

غلظت نشاسته موجود در دانه‌های غلات

برای اندازه‌گیری محتوای نشاسته موجود در میزان‌های مختلف، ۲۰۰ میلی گرم از بذور آرد شده هر میزان، همراه با ۳۵ میلی لیتر آب مقطر همگن شده و تارسیدن به نقطه جوش در حمام آبی قرار گرفت. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از مواد همگن شده به ۲/۵ میلی لیتر از معرف یدین (۰/۰۲ درصد ید و ۰/۲ درصد یدید پتاسیم) اضافه و جذب آن‌ها در طول موج ۵۸۰ نانومتر تعیین شد (Bernfeld, 1955).

تجزیه داده‌ها

داده‌های خام حاصل از دموگرافی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد با استفاده از نرم‌افزار TWOSSEX-MS Chart آنالیز شد (Chi, 2020). جهت تکراردار کردن فراسنجه‌های جدول زندگی از روش بوت‌استرپ با تکرار ۱۰۰۰۰۰ استفاده شد. اختلاف آماری بین ویژگی‌های زیستی و نیز فراسنجه‌های رشد جمعیت آفت با استفاده از آزمون دو گانه بوت‌استرپ (paired bootstrap test) مقایسه شد ($P < 0.05$). همچنین، نرمال بودن داده‌های مربوط به غلظت پروتئین و نشاسته، درصد رطوبت و سختی میزان‌ها ابتدا با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی میزان‌های مختلف از تجزیه واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) استفاده شد و اختلاف میانگین تیمارها با استفاده از آزمون Tukey در سطح احتمال ۵٪ مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین همبستگی و ارتباط بین

نرخ ناخالص تولیدمثل^۱: $GRR = \sum_{x=\alpha}^{\beta} m_x$

نرخ خالص تولیدمثل^۲: $R_0 = \sum_{x=1}^{\omega} \sum_{j=1}^m s_{xj} f_{xj}$

نرخ ذاتی افزایش جمعیت^۳: $\sum_{x=\alpha}^{\beta} e^{-r(x+0.5)} L_x m_x = 1$

نرخ متناهی افزایش جمعیت^۴: $\lambda = e^r$

متوسط مدت زمان یک نسل^۵: $T = \frac{LnR_0}{r_m}$

بررسی ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی

میزان‌های مختلف غلات

در این تحقیق از خصوصیات فیزیکی، درصد رطوبت و شاخص سختی و از متابولیت‌های اولیه، میزان پروتئین و نشاسته دانه‌های غلات مورد مطالعه اندازه‌گیری شد تا ارتباط بین این خصوصیات با ویژگی‌های زیستی آفت تعیین شود. این آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد.

درصد رطوبت دانه‌های مورد مطالعه

برای تعیین درصد رطوبت میزان‌ها، ابتدا ۲ گرم از هر رقم، آسیاب شده (سه تکرار برای هر رقم) و در ظروف پتری شیشه‌ای قرار داده شد. سپس نمونه‌ها در آون تنظیم شده در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت خشک شد. پس از آن با رابطه‌ی اختلاف وزن قبل از خشک کردن و پس از خشک کردن نمونه، تقسیم بر وزن اولیه‌ی نمونه ضرب در ۱۰۰، درصد رطوبت محاسبه گردید (AACC, 1996).

درصد سختی دانه‌های غلات مورد مطالعه

برای اندازه‌گیری درصد سختی دانه، ابتدا ارقام مختلف به مدت سه دقیقه با آسیاب برقی پودر شده و آرد حاصله از الک شماره ۷ عبور داده شد. در این آزمایش، میزان آرد باقی مانده در الک به مقدار اولیه (به صورت درصد) به عنوان سختی نمونه در نظر گرفته شد. بزرگی یا کوچکی عدد به دست آمده بیشتر باشد به ترتیب نشان دهنده‌ی میزان سختی و نرمی بذور می‌باشد (AACC, 1996).

4- Finite rate of increase
5- Mean Generation time

1- Gross reproductive rate
2- Net reproductive rate
3- Intrinsic rate of increase

میزبان‌های گندم (ارقام آفتاب و پایا)، برنج و ذرت و طولانی‌ترین آن‌ها روی میزبان‌های سورگوم و ارزن به دست آمد. بیشترین طول دوره شفیرگی روی میزبان ارزن (۱۲/۱۲ روز) و کمترین دوره شفیرگی روی میزبان گندم (رقم آفتاب) (۹/۷۲ روز) مشاهده گردید. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که بین میزبان‌ها و ارقام غلات مورد مطالعه از نظر طول مدت نشو و نمای مراحل نابالغ (از تخم تا ظهور حشره کامل) معنی‌داری وجود داشت، بدین ترتیب که طولانی‌ترین طول این دوره روی میزبان ارزن (۶۶/۵۷ روز) و کوتاه‌ترین دوره پیش از بلوغ روی میزبان‌های گندم (ارقام پایا و آفتاب)، برنج و ذرت مشاهده شد (جدول ۱) ($P < 0.05$). منحنی‌های بقای ویژه سنی (l_x) شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد پرورش یافته روی ارقام مختلف غلات در شکل ۱ ارائه شده است. منحنی‌های بقا روی همه میزبان‌های مختلف غلات تقریباً مشابه هم بود. هم‌چنین، ماده‌های پرورش یافته روی میزبان چاودار زنده‌مانی بیشتری داشتند و منحنی بقا روی این رقم طولانی‌تر بود.

ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی میزبان‌های مختلف با فراسنجه‌های مهم جدول زندگی از آزمون همبستگی Pearson استفاده شد. به منظور گروه‌بندی میزبان‌های مختلف نیز، تجزیه کلاستر (دندروگرام) ارقام مختلف بر مبنای فراسنجه‌های رشد جمعیتی و زیستی آفت با استفاده از نرم‌افزار SPSS به روش Ward صورت گرفت (SPSS, 2007).

نتایج

فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیت

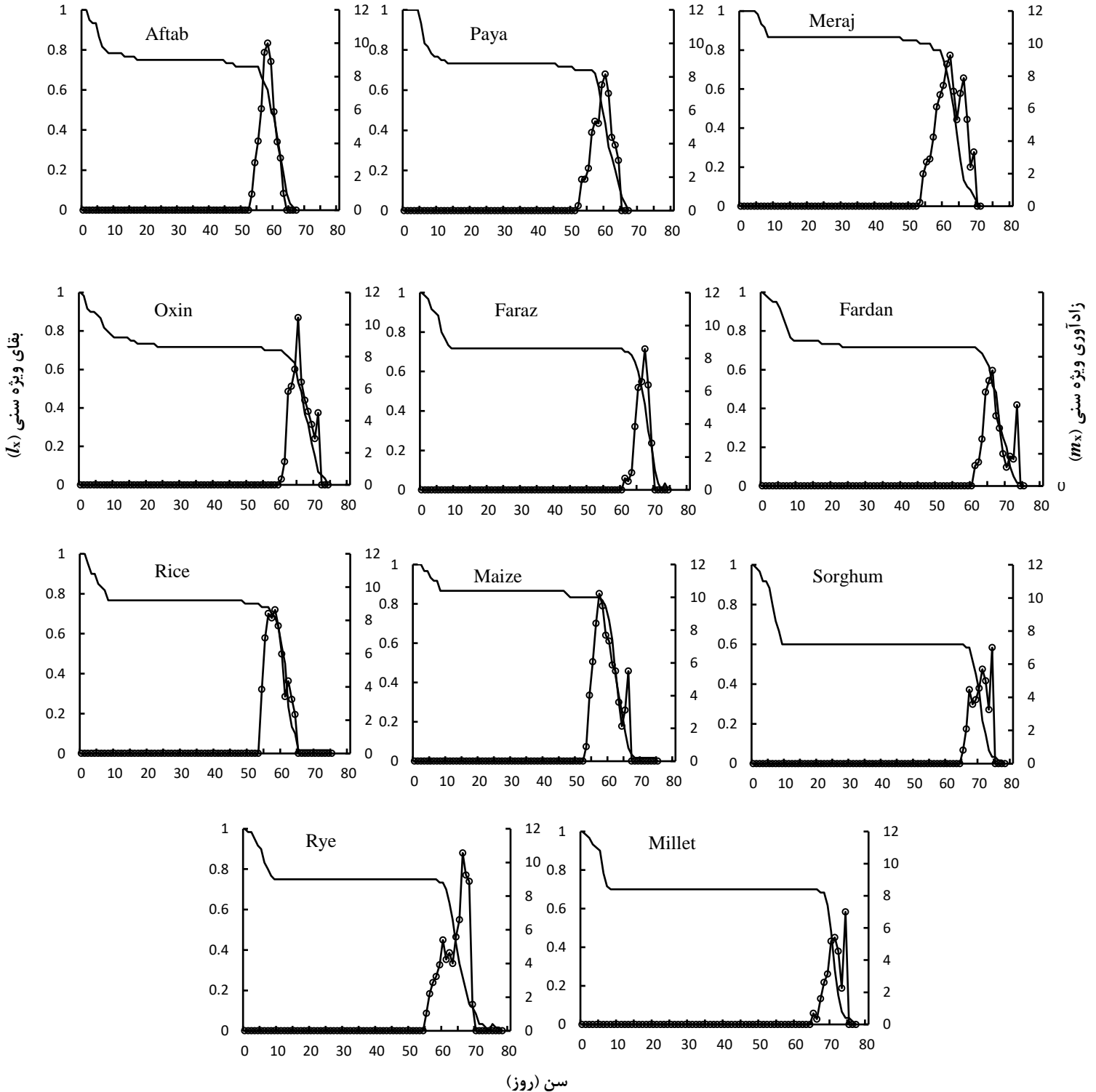
نتایج تأثیر میزبان‌ها و ارقام مختلف غلات بر طول دوره‌ی نشو و نما و بقای مراحل نابالغ *E. kuehniella* در جدول ۱ آورده شده است. مقایسه‌ی میانگین‌های مربوط به طول دوره‌ی تخم، لاروی و شفیرگی شب‌پره مدیترانه‌ای آرد نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میزبان‌های مختلف غلات وجود دارد ($P < 0.05$). دوره‌ی تخم شب‌پره آرد روی میزبان ارزن (۳/۹۱ روز) به طور معنی‌داری بیشتر از بقیه میزبان‌ها بود. هم‌چنین، کوتاه‌ترین دوره‌ی لاروی روی

جدول ۱- اثر تغذیه از میزبان‌های مختلف غلات روی طول دوره مراحل مختلف قبل از بلوغ (روز) (میانگین \pm خطای معیار) و بقای *Ephestia kuehniella*

Table 1. Effect of various cereal hosts on duration of immature stages (day) (mean \pm SE) and survival of *Ephestia kuehniella*

Host (cultivar)	Egg incubation	Larval period	Pupal period	Development time	Immature survival (%)
Wheat (Aftab)	3.09 \pm 0.03 de	41.56 \pm 0.26 e	9.72 \pm 0.11 g	54.40 \pm 0.28 f	0.72 \pm 0.06 a
Wheat (Paya)	3.13 \pm 0.04 de	41.59 \pm 0.27 e	10.01 \pm 0.13 f	54.78 \pm 0.32 f	0.69 \pm 0.06 a
Wheat (Meraj)	3.07 \pm 0.03 e	43.09 \pm 0.27 d	10.44 \pm 0.13 e	56.60 \pm 0.31 e	0.83 \pm 0.05 a
Barley (Oxin)	3.20 \pm 0.05 d	47.09 \pm 0.27 b	11.50 \pm 0.15 bcd	61.76 \pm 0.33 c	0.70 \pm 0.06 a
Barley (Faraz)	3.57 \pm 0.07 bc	47.21 \pm 0.29 b	11.63 \pm 0.13 bc	62.42 \pm 0.30 c	0.72 \pm 0.06 a
Barley (Fardan)	3.43 \pm 0.05 c	47.46 \pm 0.24 b	11.37 \pm 0.15 cd	62.2 \pm 0.29 c	0.72 \pm 0.06 a
Rice (Hashemi)	3.07 \pm 0.03 e	41.02 \pm 0.12 e	10.13 \pm 0.12 ef	54.25 \pm 0.19 f	0.75 \pm 0.06 a
Maize (Hybrid 704)	3.07 \pm 0.03 e	41.56 \pm 0.18 e	10.22 \pm 0.11 ef	54.82 \pm 0.24 f	0.83 \pm 0.05 a
Sorghum (Spidfid)	3.72 \pm 0.06 b	50.22 \pm 0.30 a	11.86 \pm 0.16 ab	65.81 \pm 0.34 b	0.59 \pm 0.06 b
Rye (Danko)	3.50 \pm 0.06 c	44.73 \pm 0.37 c	11.11 \pm 0.15 de	59.33 \pm 0.45 d	0.75 \pm 0.06 a
Millet (Morvaridi)	3.91 \pm 0.03 a	50.52 \pm 0.17 a	12.12 \pm 0.11 a	66.57 \pm 0.19 a	0.70 \pm 0.06 a

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test, $P < 0.05$).



شکل ۱- بقای ویژه سنی (l_x) و زادآوری ویژه سنی (m_x) شب پره‌ی مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* روی میزبان‌های مختلف غلات

Figure 1. Age-specific survival rate (l_x) and age specific fecundity (m_x) of the mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* on various cereal hosts

سنی (m_x) شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد روی میزبان‌های مختلف غلات در شکل ۱ ارایه شده است. بیشترین پهنای منحنی زادآوری روی میزبان‌های ذرت و گندم (رقم معراج) بود. نتایج چگونگی تأثیر پرورش روی میزبان‌های مختلف غلات بر فراسنجه‌های رشد جمعیت پایدار *E. kuehniella*، در جدول ۳ ارایه شده است. بین ارقام مختلف غلات مورد آزمایش، از نظر فراسنجه‌های جدول زندگی آفت اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). کمترین مقدار نرخ ناخالص تولید مثل (GRR) روی میزبان‌های مختلف ارزن و جو (رقم فراز) و بیشترین مقدار آن روی میزبان‌های مختلف ذرت، چاودار و گندم (رقم معراج) مشاهده شد. نتایج نشان داد که مقدار نرخ خالص تولیدمثل (R_0) روی میزبان ذرت (۵۲/۲۰ نتاج) بیشتر و روی میزبان‌های سورگوم (۱۱/۹۸) و ارزن (۱۰/۶۴) کمتر از سایر میزبان‌ها بود. هم‌چنین، بیشترین مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) مربوط به حشرات پرورش یافته روی میزبان ذرت (۰/۰۶۷ بر روز) و کمترین آن مربوط به حشرات پرورش یافته روی میزبان ارزن (۰/۰۳۳ بر روز) بود.

طول دوره تخم‌ریزی، زادآوری و طول عمر حشرات کامل *E. kuehniella* روی میزبان‌ها و ارقام مختلف غلات در جدول ۲ نشان داده شده است ($P < 0.05$). طول دوره‌ی قبل از تخم‌ریزی افراد بالغ ماده (APOP) روی میزبان ارزن (۱/۶۱ روز) به طور معنی‌داری بیشتر از بقیه میزبان‌ها بود. ارقام مختلف غلات اثر معنی‌داری روی مجموع دوره قبل از تخم‌ریزی افراد بالغ ماده (TPOP) داشت، به طوری که کوتاه‌ترین این دوره روی میزبان‌های برنج، ذرت و گندم (رقم آفتاب) و طولانی‌ترین آن روی میزبان‌های سورگوم و ارزن مشاهده شد. طولانی‌ترین دوره تخم‌ریزی افراد ماده هم روی ذرت (۶/۲۶ روز) و گندم (رقم معراج) (۶/۲۷ روز) ثبت شد. میزان زادآوری روی میزبان ارزن (۴۹/۱۰ تخم) به طور معنی‌داری کمتر از بقیه میزبان‌ها بوده و بیش‌ترین میزان زادآوری مربوط به میزبان ذرت (۱۳۶/۱۸ تخم) به دست آمد. هم‌چنین، بیشترین طول عمر حشرات کامل نر و ماده *E. kuehniella* به ترتیب روی میزبان ذرت (۹/۵۶ و ۷/۳۳ روز) مشاهده شد (جدول ۲). هم‌چنین، منحنی‌های زادآوری ویژه

جدول ۲- اثر میزبان‌های مختلف غلات روی طول دوره تخم‌ریزی، باروری و طول عمر (میاتگین ± خطای معیار) حشرات کامل *Ephestia kuehniella*

Table 2. Effect of various cereal hosts on reproduction period, fecundity and adult longevity (mean±SE) of *Ephestia kuehniella*

Host (cultivar)	APOP (day)	TPOP (day)	Oviposition period (day)	Fecundity (offspring)	Female adult longevity (day)	Male adult longevity (day)
Wheat (Aftab)	1.05 ± 0.02 d	55.45 ± 0.32 f	5.28 ± 0.28 bc	104.79 ± 5.35 c	7.95 ± 0.46 bc	6.20 ± 0.33 bcd
Wheat (Paya)	1.10 ± 0.03 d	55.99 ± 0.60 ef	5.57 ± 0.29 ab	11.44 ± 7.06 bc	7.71 ± 0.41 d	6.47 ± 0.28 abc
Wheat (Meraj)	1.07 ± 0.03 d	57.36 ± 0.52 e	6.27 ± 0.26 a	126.62 ± 7.34 ab	8.46 ± 0.32 abc	6.75 ± 0.32 ab
Barley (Oxin)	1.47 ± 0.12 ab	63.11 ± 0.45 c	4.47 ± 0.31 cde	86.14 ± 5.01 d	5.99 ± 0.46 cd	5.48 ± 0.35 def
Barley (Faraz)	1.31 ± 0.12 abc	64.49 ± 0.35 b	3.81 ± 0.23 e	65.54 ± 3.48 ef	6.13 ± 0.33 cd	5.07 ± 0.26 efg
Barley (Fardan)	1.31 ± 0.12 abc	63.81 ± 0.43 bc	4.38 ± 0.28 de	74.64 ± 4.63 de	6.94 ± 0.51 cd	5.74 ± 0.29 cde
Rice (Hashemi)	1.10 ± 0.09 cd	55.41 ± 0.31 f	5.40 ± 0.27 b	110.72 ± 5.95 bc	8.85 ± 0.70 ab	6.48 ± 0.34 abc
Maize (Hybrid 704)	1.03 ± 0.04 d	55.65 ± 0.40 f	6.26 ± 0.26 a	136.18 ± 7.36 a	9.56 ± 0.59 a	7.33 ± 0.36 a
Sorghum (Spidfid)	1.31 ± 0.13 abc	67.38 ± 0.46 a	3.92 ± 0.33 de	55.29 ± 5.61 f	6.01 ± 0.60 d	4.83 ± 0.26 fg
Rye (Danko)	1.26 ± 0.09 bc	60.52 ± 0.73 d	4.48 ± 0.16 cd	84.93 ± 4.42 d	7.26 ± 0.36 cd	5.37 ± 0.31 def
Millet (Morvaridi)	1.61 ± 0.14 a	68.07 ± 0.38 a	3.84 ± 0.27 e	49.10 ± 2.92 g	6.07 ± 0.56 d	4.21 ± 0.18 g

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test, $P < 0.05$).

زیرگروه A₁ شامل میزبان‌های جو (ارقام اکسین، فراز و فردان) و چاودار بود و میزبان‌های ارزن و سورگوم در زیر گروه A₂ قرار گرفتند. همچنین، گروه B نیز شامل دو زیر گروه B₁ و B₂ بود. میزبان‌های گندم (رقم معراج) و ذرت (هیبرید ۷۰۴) در زیر گروه B₁ قرار گرفتند و زیر گروه B₂ شامل میزبان‌های گندم (آفتاب و پایا) و برنج (رقم هاشمی) بود (شکل ۲).

ویژگی‌های فیزیکی و بیوشیمیایی میزبان‌های مختلف غلات

نتایج نشان داد که در میان میزبان‌های مختلف غلات از نظر درصد رطوبت و سختی دانه تفاوت معنی داری وجود داشت. بیشترین درصد رطوبت در میزبان برنج (رقم هاشمی) و کمترین مقدار آن در میزبان‌های ذرت (هیبرید ۷۰۴) و ارزن (رقم مرواریدی) مشاهده شد. همچنین، بیشترین درصد سختی دانه در میزبان ذرت و کمترین مقدار آن در میزبان‌های برنج و ارزن به دست آمد (جدول ۴).

نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) نیز روی میزبان ذرت (۱/۰۶۹ بر روز) بیشترین و روی میزبان ارزن (۱/۰۳۴) کمترین مقدار را داشت. از نظر متوسط زمان یک نسل (T) آفت در بین میزبان‌های مختلف مورد مطالعه اختلاف معنی داری مشاهده شد و بیشترین مقدار این فراسنجه روی میزبان‌های سورگوم (۶۹/۵۷ روز) و ارزن (۷۰/۲۱) و کمترین مقدار آن روی میزبان‌های گندم (ارقام آفتاب و پایا)، برنج و ذرت به دست آمد (جدول ۳).

تجزیه کلاستر میزبان‌های مختلف غلات بر مبنای ویژگی‌های زیستی و رشد جمعیتی شب پره مدیترانه‌ای آرد

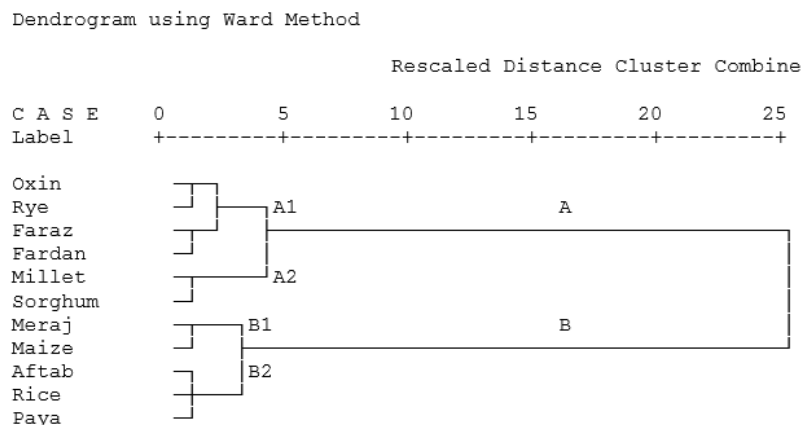
دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر میزبان‌های مختلف غلات بر مبنای فراسنجه‌های جدول زندگی *E. kuehniella* پرورش یافته روی ارقام مختلف غلات در شکل ۲ نشان داده شده است. میزبان‌های مختلف غلات در دو گروه اصلی A و B قرار گرفتند. گروه A شامل دو زیر گروه A₁ و A₂ بود.

جدول ۳- اثر میزبان‌های مختلف غلات روی فراسنجه‌های جدول زندگی (میانگین \pm خطای معیار) *Ephestia kuehniella*

Table 3. Effect of various cereal hosts on life table parameters (mean \pm SE) of *Ephestia kuehniella*

Host (cultivar)	GRR (offspring)	R ₀ (offspring)	r (day ⁻¹)	λ (day ⁻¹)	T (day)
Wheat (Aftab)	56.43 \pm 5.31 abc	31.41 \pm 6.47 abcd	0.059 \pm 0.004 abc	1.060 \pm 0.004 abc	58.37 \pm 0.40 e
Wheat (Paya)	55.71 \pm 4.17 abc	26.71 \pm 6.47 bcd	0.055 \pm 0.004 bcd	1.057 \pm 0.005 bcd	58.83 \pm 0.61 e
Wheat (Meraj)	88.41 \pm 8.17 a	46.33 \pm 8.32 ab	0.063 \pm 0.003 ab	1.065 \pm 0.003 ab	60.68 \pm 0.59 d
Barley (Oxin)	58.87 \pm 5.68 abc	27.34 \pm 5.39 bcd	0.050 \pm 0.003 cdef	1.051 \pm 0.003 cdef	65.49 \pm 0.41 c
Barley (Faraz)	36.78 \pm 3.79 c	17.47 \pm 3.81 de	0.042 \pm 0.003 efg	1.043 \pm 0.004 efg	66.61 \pm 0.38 b
Barley (Fardan)	48.57 \pm 4.49 abc	19.90 \pm 4.42 cde	0.045 \pm 0.004 defg	1.046 \pm 0.004 defg	66.08 \pm 0.49 bc
Rice (Hashemi)	62.87 \pm 5.86 ab	36.92 \pm 7.02 ab	0.062 \pm 0.003 abc	1.064 \pm 0.004 abc	58.29 \pm 0.36 e
Maize (Hybrid 704)	79.61 \pm 6.81 a	52.20 \pm 9.01 a	0.067 \pm 0.003 a	1.069 \pm 0.003 a	58.74 \pm 0.39 e
Sorghum (Spidfid)	39.29 \pm 3.22 bc	11.98 \pm 3.19 e	0.035 \pm 0.004 fg	1.036 \pm 0.004 fg	69.57 \pm 0.54 a
Rye (Danko)	73.89 \pm 5.06 a	32.53 \pm 5.61 abc	0.056 \pm 0.003 bc	1.057 \pm 0.003 bc	62.29 \pm 0.72 d
Millet (Morvaridi)	31.69 \pm 3.56 c	10.64 \pm 2.70 e	0.033 \pm 0.004 g	1.034 \pm 0.004 g	70.21 \pm 0.50 a

Means followed by different letters in each column are significantly different (Paired bootstrap test, $P < 0.05$). GRR, the gross reproductive rate; R₀, the net reproductive rate; r, intrinsic rate of increase; λ , finite rate of increase and, T, mean generation time.



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر میزبان‌های مختلف بر مبنای فراسنجه‌های جدول زندگی *Ephestia kuehniella* روی ارقام مختلف غلات

Figure 2. Dendrogram of different hosts based on life table parameters of *Ephestia kuehniella* on various cereal hosts

جدول ۴- برخی خصوصیات فیزیکی (%) و غلظت ترکیبات اولیه (mg/ml) (میانگین \pm خطای معیار) میزبان‌های مختلف غلات
Table 4. Some physical (%) and primary biochemical (mg/ml) characteristics (mean \pm SE) of various cereal hosts

Host (cultivar)	Humidity percentage	Hardiness index	Total protein content	Carbohydrate content
Wheat (Aftab)	11.50 \pm 0.29 ab	44.67 \pm 1.42 bc	0.502 \pm 0.004 a	4.21 \pm 0.18 c
Wheat (Paya)	10.33 \pm 0.17 bc	34.05 \pm 0.68 def	0.498 \pm 0.008 a	4.08 \pm 0.08 c
Wheat (Meraj)	11.33 \pm 0.60 ab	37.13 \pm 0.21 cdef	0.505 \pm 0.009 a	5.21 \pm 0.09 b
Barley (Oxin)	10.83 \pm 0.83 abc	40.59 \pm 1.82 bcde	0.480 \pm 0.006 b	2.76 \pm 0.09 d
Barley (Faraz)	10.67 \pm 1.45 abc	42.73 \pm 1.24 bcd	0.462 \pm 0.003 c	2.17 \pm 0.11 d
Barley (Fardan)	10.50 \pm 0.29 abc	42.55 \pm 1.99 bcd	0.455 \pm 0.007 c	2.28 \pm 0.04 d
Rice (Hashemi)	12.50 \pm 0.29 a	30.77 \pm 0.45 f	0.284 \pm 0.004 f	5.81 \pm 0.07 ab
Maize (Hybrid 704)	9.07 \pm 0.44 c	54.23 \pm 1.38 a	0.235 \pm 0.004 g	6.02 \pm 0.14 a
Sorghum (Spidfid)	9.50 \pm 0.29 bc	32.88 \pm 0.43 ef	0.376 \pm 0.001 d	2.26 \pm 0.03 d
Rye (Danko)	10.17 \pm 0.44 bc	46.29 \pm 1.41 ab	0.512 \pm 0.003 a	1.48 \pm 0.08 e
Millet (Morvaridi)	9.17 \pm 0.73 c	28.52 \pm 0.54 f	0.341 \pm 0.001 e	1.33 \pm 0.23 e
ANOVA	$F = 2.61$	$F = 17.98$	$F = 934.79$	$F = 208.68$
(df = 10, 22)	$P = 0.0294$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$	$P < 0.0001$

Means followed by different letters in each column are significantly different (HSD; $P < 0.05$).

میزبان ذرت مشاهده گردید. هم‌چنین، غلظت نشاسته در میزبان ذرت به‌طور معنی‌داری بیشتر از بقیه میزبان‌ها بود و کمترین غلظت نشاسته مربوط به میزبان‌های چاودار و ارزن به‌دست آمد.

در بین میزبان‌های مختلف غلات از نظر غلظت ترکیبات اولیه پروتئین و نشاسته اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بیش‌ترین غلظت پروتئین در میزبان‌های گندم (آفتاب، پایا و معراج) و چاودار و کمترین مقدار آن در

ارتباط بین خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی میزبان‌های مختلف غلات با برخی فراسنجه‌های جدول زندگی شب پرهی مدیترانه‌ای آرد

نتایج همبستگی بین فراسنجه‌های جدول زندگی شب پرهی مدیترانه‌ای آرد با خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی میزبان‌های مختلف غلات در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که بین فراسنجه‌های جدول زندگی آفت همبستگی مثبت یا منفی با درصد رطوبت، شاخص سختی، غلظت پروتئین و نشاسته غلات مختلف وجود داشت. هم‌چنین، نتایج نشان داد که هیچ‌گونه همبستگی معنی‌داری بین فراسنجه‌های جدول زندگی آفت با درصد رطوبت میزبان‌های مختلف غلات وجود نداشت. اما، طول دوره پیش از بلوغ شب پره مدیترانه‌ای آرد با درصد رطوبت غلات همبستگی منفی معنی‌داری داشت. همبستگی مثبت معنی‌داری بین سختی دانه با ویژگی‌های زیستی آفت به جز فراسنجه‌های طول دوره پیش از بلوغ و طول عمر حشرات کامل ماده مشاهده شد. ولی، فراسنجه‌های زیستی آفت با محتوای پروتئین به جز طول عمر شب پره‌های ماده همبستگی معنی‌داری نداشتند. بین همه فراسنجه‌ها به جز طول دوره پیش از بلوغ آفت، باروری، طول عمر حشرات کامل ماده، نرخ خالص تولیدمثل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت آفت با محتوای

نشاسته نیز همبستگی معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵).

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که میزبان‌های مختلف غلات تأثیر معنی‌داری روی فراسنجه‌های زیستی شب پرهی مدیترانه‌ای آرد داشت. در تحقیق حاضر طول دوره نابالغ بید آرد روی میزبان‌های مختلف غلات بین ۵۴/۲۵ تا ۶۶/۵۷ روز به دست آمد. مطالعات قبلی نشان داده است که ویژگی‌های زیستی و فراسنجه‌های رشد جمعیت می‌باشد (Abdi et al., 2014; Naseri & Bidar, 2015; Bidar et al., 2016; Mohammadi & Tarlack et al. (2015). (Mehrkhou, 2020) تأثیر ارقام مختلف گندم بر زیست‌شناسی شب پرهی آرد، طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین طول دوره مراحل نابالغ آفت را به ترتیب روی ارقام پیش‌تاز (۶۲/۵۴ روز) و پارسی (۵۰/۹۸ روز) گزارش کردند. هم‌چنین، در تحقیقی، Naseri and Bidar (2015) فراسنجه‌های زیستی شب پرهی آرد را روی هفت رقم جو (دشت، خرم، صحرا، فجر ۳۰، ریحان ۰۳، ۵ شور و EH-83-7) و دو رقم گندم (بم و سپاهان) بررسی کردند که طول دوره پیش از بلوغ این آفت را روی این ارقام بین ۵۸/۱۹ تا ۷۲/۱۲ روز به دست آوردند.

جدول ۵- ضریب همبستگی بین برخی فراسنجه‌های زیستی و جدول زندگی شب پرهی مدیترانه‌ای آرد با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میزبان‌های مختلف غلات

Table 5. Correlation coefficients (r) of some life history parameters of *Ephestia kuehniella* with some physical and biochemical traits of various cereal hosts

Paramete	Humidity percentage	Hardiness index	Total protein content	Carbohydrate content
Development time	-0.392 (0.024)	-0.310 (0.079)	0.012 (0.946)	-0.834 (0.001)
Fecundity	0.263 (0.139)	0.369 (0.035)	-0.095 (0.598)	0.895 (0.001)
Female longevity	0.225 (0.209)	0.329 (0.061)	-0.355 (0.042)	0.890 (0.001)
R_0	0.216 (0.227)	0.489 (0.004)	-0.173 (0.336)	0.818 (0.001)
r_m	0.340 (0.053)	0.450 (0.009)	-0.049 (0.785)	0.824 (0.001)

* Correlations were evaluated based on Pearson's correlation test ($P < 0.05$).

The number in parenthesis is P value.

طولانی تر کردن زمان رسیدن به مرحله‌ی تولید نتاج را افزایش دهند (Erb et al., 2001).

پژوهشگران متعددی گزارش کرده‌اند که زادآوری شب‌پره‌ها می‌تواند تحت تأثیر نوع ماده غذایی مورد تغذیه آن‌ها قرار گیرد (Kumral et al., 2007; Madboni & Pourabad, 2012). از این رو در این تحقیق، زادآوری *E. kuehniella* اختلاف معنی‌داری در رابطه با نوع غذای خورده شده توسط لاروها نشان داد. با توجه به اینکه پروتئین برای تولید تخم در شب‌پره‌های بالغ ضروری است (Sorge et al., 2000)، بیشترین زادآوری شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد روی میزبان ذرت (۱۳۶/۱۸ تخم) مشاهده شد که تقریباً نزدیک به مقدار گزارش شده توسط Tarlack et al. (2015) روی گندم زرین و (Naseri and Bidar 2015) روی رقم گندم سپاهان بود که نشان دهنده مناسب بودن ذرت برای پرورش آزمایشگاهی *E. kuehniella* می‌باشد و از نظر ویژگی‌های رشد جمعیتی با گندم می‌تواند قابل رقابت و هم‌سو باشد. هم‌چنین، تحقیقات گوناگون بیانگر این واقعیت است که میزبان‌های گیاهی می‌تواند با استفاده از مکانیسم‌های آنتی‌بیوز و به دلیل وجود مواد ضد تغذیه‌ای و ترکیبات متابولیت‌های اولیه و ثانویه، ویژگی‌های زیستی و باروری آفات گیاه‌خوار را نیز تحت تأثیر قرار دهند (Coskun et al., 2005; Chen et al., 2009).

فراسنجه‌های دموگرافی می‌تواند برای مقایسه‌ی اثر عوامل محیطی و تفاوت‌های غذایی روی نشو و نما‌ی مراحل نابالغ و نیز مرحله بلوغ و تولید مثل حشرات مورد استفاده باشد (Carey, 2001). در تحقیق حاضر مقدار عددی نرخ ذاتی افزایش جمعیت شب‌پره مدیترانه‌ای آرد روی میزبان‌های مختلف غلات بین ۰/۰۳۳ تا ۰/۰۶۷ بر روز به دست آوردند. (Naseri and Bidar 2015) نیز نرخ ذاتی افزایش جمعیت این آفت را روی ارقام مختلف گندم و جو بین ۰/۰۳۷ تا ۰/۰۷۰ بر روز گزارش کردند. تفاوت در نوع گیاه میزبان،

در مطالعه دیگری، Mohammadi and Mehrkhou (2020) طول دوره‌ی نابالغ *E. kuehniella* را روی سه رقم گندم شامل هما، میهن و زارع و میزبان‌های ذرت (هیبرید ۷۰۴) و جو (ماکوئی) به ترتیب ۵۳/۱۳، ۵۳/۵۲، ۵۹، ۴۶/۹۱ و ۵۲/۶۲ روز بیان کردند. برخی تفاوت‌ها ممکن است مرتبط با تفاوت ژنتیکی جمعیت‌های بید آرد یا ناشی از تفاوت در شرایط و نوع آزمایش، نوع میزبان و رقم برای تغذیه این آفت باشد.

در این تحقیق، میزبان‌های ارزن و سورگوم به عنوان میزبان نامناسب برای رشد و تغذیه شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد معرفی شد، زیرا نشو و نما‌ی آفت روی این میزبان‌ها آهسته و به کندی صورت گرفت و طول دوره نابالغ آفت روی این میزبان‌ها طولانی‌تر بود. از طرف دیگر، حساسیت مراحل نابالغ (به‌ویژه مرحله لاروی) نسبت به دشمنان طبیعی و آفت کش‌ها موجب می‌شود که حشرات مراحل نابالغ خود را برای رسیدن به مرحله بلوغ سریع‌تر طی کنند (Alami et al., 2014). بنابراین، طولانی تر شدن زمان رشد لاروها روی میزبان‌های ارزن و سورگوم، فرصت بیشتری برای تغذیه به آنها می‌دهد و اثربخشی کنترل بیولوژیکی و شیمیایی را در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات افزایش می‌دهد (Du et al., 2004). هم‌چنین، دوره‌ی لاروی کوتاه‌تر در میزبان‌های برنج، ذرت و گندم (ارقام آفتاب و پایا) منجر به تکمیل سریع‌تر مراحل نابالغ و شروع بلوغ زودرس می‌شود که منجر به نتاج بیشتر و جمعیت بزرگ‌تر می‌گردد. نکته قابل توجه دیگر این است که افزایش طول دوره‌ی رشد و نمو مراحل نابالغ آفت، مدت زمانی که افراد در معرض دشمنان طبیعی قرار می‌گیرند را افزایش داده و در نتیجه می‌تواند افزایش کارایی دشمنان طبیعی مورد استفاده در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات را به دنبال داشته باشد و اثربخشی سایر روش‌های کنترل آفت از جمله به کارگیری دشمنان طبیعی و حشره‌کش‌ها را از طریق کند کردن مراحل قبل از بلوغ و

مهارکننده‌های پروتئینی در غلات از دلایل این امر باشد. نتایج حاضر با نتایج (Rahimi Namin et al., 2018) منطبق می‌باشد که کیفیت و وجود مهارکننده‌های پروتئینی را عامل مهمی برای رشد آفت گزارش کردند.

روابط بین گیاه-گیاهخوار تحت تأثیر بیوشیمی و تغییر کیفیت گیاه میزان قرار می‌گیرد و واکنش گیاهخوار به ترکیبات شیمیایی گیاه نقش مهمی در روابط متقابل بین گیاه-گیاهخوار دارد (War et al., 2012). نتایج همبستگی نشان داد که فراسنجه‌های زادآوری، نرخ خالص تولید مثل و نرخ ذاتی افزایش جمعیت شب پره‌ی آرد با مقدار نشاسته همبستگی مثبت معنی‌داری نشان داد. بدین معنی که با افزایش میزان نشاسته، زادآوری و تولیدمثل آفت بیشتر می‌شود. مطالعات قبلی نیز نشان داده است که ویژگی‌های رشدی آفات به‌طور قابل توجهی مرتبط با محتوای ترکیبات اولیه گیاهی شامل پروتئین و نشاسته می‌باشد (Nemati-Kalkhoran et al., 2018; Hemmati et al., 2022; Naseri & Majd-Marani, 2022).

نتایج دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر میزان‌های مختلف غلات بر مبنای فراسنجه‌های فراسنجه‌های جدول زندگی بید آرد پرورش یافته روی میزان‌های غلات نشان می‌دهد که میزان‌ها در دو گروه اصلی A و B قرار گرفتند. گروه A شامل دو زیر گروه A₁ و A₂ بود. زیر گروه A₂ شامل میزان‌های ارزن و سورگوم بود که به عنوان ارقام نسبتاً نامناسب برای رشد شب پره‌ی مدیترانه‌ای آرد یا نسبتاً مقاوم معرفی شدند. بقیه میزان‌ها که شامل ارقام اکسین، فراز و فردان جو و میزان چاودار در زیر گروه A₁ قرار گرفتند و به عنوان ارقام نیمه مقاوم بودند. هم‌چنین، گروه B شامل دو زیر گروه B₁ و B₂ بود. زیر گروه B₁ شامل رقم معراج گندم و میزان ذرت (هیبرید ۷۰۴) بود که به عنوان میزان‌های نسبتاً حساس و مناسب شناخته شدند. زیر گروه B₂ نیز شامل ارقام آفتاب و پایا گندم و میزان برنج (رقم هاشمی) به عنوان میزان‌های نیمه حساس بودند.

اختلاف ژنتیکی جمعیت‌های پرورش یافته آفت در آزمایشگاه و یا تفاوت در شرایط دمایی پرورش شب پره مدیترانه‌ای آرد از دلایل احتمالی تفاوت در نتایج پژوهش حاضر با نتایج سایر پژوهشگران می‌باشد. تغذیه مناسب بسیار مهم بوده و تا حد زیادی نشو و نما و تولیدمثل گیاهخواران را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Scriber & Slansky, 1981). حشرات، آن دسته از میزان‌های گیاهی را برای تغذیه ترجیح می‌دهند که برای رشد و تخم‌گذاری آن‌ها مناسب‌تر باشند (Li et al., 2004).

در مطالعه‌ای Faal Mohammadali and Shishehbor (2013) تأثیر رژیم‌های غذایی مختلف (آرد گندم، جو، ذرت و برنج) را روی بید آرد *E. kuehniella* و خصوصیات زیستی و فراسنجه‌های جدول زندگی *H. hebetor* بررسی کردند. آنها زنبورهای مذکور را برای دو نسل روی لاروهای تغذیه شده با رژیم‌های فوق پرورش دادند و بهترین رژیم غذایی برای رشد لارو *E. kuehniella* جهت پرورش زنبور *H. hebetor* رژیم غذایی برنج را معرفی کردند. هم‌چنین، در مطالعه دیگری (Mahdinasab et al., 2014) تأثیر رژیم‌های غذایی مختلف (آرد گندم، جو، برنج، سویا+گندم، سویا، ذرت) بید آرد بر خصوصیات زیستی و پارامترهای جدول زندگی زنبور پارازیتوئید *H. hebetor* در شرایط آزمایشگاهی بررسی و رژیم غذایی گندم را به عنوان بهترین رژیم غذایی لارو بید آرد برای رشد و تولیدمثل *H. hebetor* توصیه کردند.

نتایج حاصل از همبستگی نشان داد که با افزایش میزان نشاسته و سختی دانه‌ها، باروری و رشد جمعیت آفت بیشتر می‌شود. هم‌چنین، طول عمر حشرات کامل جمعیت شب پره مدیترانه‌ای آرد با محتوای پروتئین غلات همبستگی منفی معنی‌داری داشت. در واقع، افزایش مقدار پروتئین غلات باعث کاهش طول عمر حشرات کامل شده است. به نظر می‌رسد، کیفیت پروتئین بیشتر از مقدار عددی آن و یا وجود

نتیجه گیری نهایی

میزبان‌های مختلف غلات به دلیل داشتن خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی متفاوت روی مقاومت یا حساسیت غلات به شب‌پره مدیترانه‌ای آرد نقش دارند. نتایج این تحقیق نشان داد که میزبان‌های مختلف غلات تأثیر معنی‌داری روی فراسنجه‌های زیستی شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد داشت. اطلاعات مربوط به اینکه چگونه کیفیت گیاه میزبان می‌تواند فراسنجه‌های جدول زندگی آفت را تحت تأثیر قرار دهد کمک شایانی به درک مناسب دینامیسم جمعیت و

ارتباط گیاه-گیاهخوار می‌کند. نتایج این مطالعه نشان داد که رقم معراج گندم و میزبان ذرت (رقم هیبرید ۷۰۴) نسبت به سایر میزبان‌ها برای نشو و نما و تولید مثل شب‌پره مدیترانه‌ای آرد مناسب‌تر می‌باشد. لذا می‌توان این دو میزبان را به عنوان میزبان‌های مناسب برای تغذیه و پرورش *E. kuehniella* پیشنهاد نمود.

سپاس‌گزاری

این تحقیق در گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی به انجام رسیده که بدین وسیله قدردانی می‌شود.

REFERENCES

- AACC (1996). Approved methods of the American association of cereal chemists. 10th, American association of cereal chemists, Saint Paul, Minnesota.
- Abdi, A., Naseri, B., & Fathi, A.A. (2014). Nutritional indices and digestive enzymatic activity of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae): response to flour of nine wheat cultivars. *Journal of Entomological Society of Iran*, 33, 29-41.
- Alami, S., Naseri, B., Golizadeh, A. & Razmjou, J. (2014). Age-stage, two-sex life table of the tomato looper, *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae), on different bean cultivars. *Arthropod-Plant Interactions*, 8, 475-484. <https://doi.org/10.1007/s11829-014-9330-3>
- Bernfeld, P. (1955). Amylase, α and β . *Methods in Enzymology*, 1, 149-154. [http://dx.doi.org/10.1016/0076-6879\(55\)01021-5](http://dx.doi.org/10.1016/0076-6879(55)01021-5)
- Bidar, F., Naseri, B., & Razmjou, J. (2016). Barley cultivars affecting nutritional performance and digestive enzymatic activities of *Ephestia kuehniella* Zeller (Pyralidae). *Journal of the Lepidopterists' Society*, 70(1), 1-8.
- Blumel, S. (1996). Effect of selected mass-rearing parameters on *O. majusculus* (Reuter) and *O. laevigatus* (Fieber). *Bulletin OILB-SROP*, 19, 15-18.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Brower, J.H. & Press, J.W. (1990). Interaction of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) and *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in suppressing stored product moth population in small inshell peanut storages. *Journal of Economic Entomology*, 83, 1096-1101.
- Carey, J.R. (2001). Insect biodemography. *Annual Review of Entomology*, 46, 79-110.

Chen, Y., Ni, X., & Buntin, G. D. (2009). Physiological, nutritional, and biochemical bases of corn resistance to foliage-feeding fall armyworm. *Journal of Chemical Ecology*, 35, 297-306. <https://doi.org/10.1007/s10886-009-9600-1>

Chi, H. (2020). *TWOSEX-MSChart: A computer program for the age-stage, two-sex life table analysis*. <https://140.120.197.173/ecology/prod02.htm>

Corbet, S.A. (1973). Oviposition pheromone in larval mandibular glands of *Ephestia kuehniella*. *Nature*, 243, 537-538.

Coskun, M., Ozalp, P., Sulanc, M., & Emre, I. (2005). Effects of various diets on the oviposition and sex ratio of *Pimpla turionellae* L. *International Journal of Agriculture and Biology*, 7, 129-132. <https://doi.org/1560-8530/2005/07-1-129-132>

Crutti, F., Bigler, F., Eden, G. & Bosshrt, S. (1992). Optimal larval density and quality control aspects in mass rearing of Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Applied Entomology*, 114, 353-361. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1992.tb01139.x>

Darwish, E., El-Shazly, M. & El-Sherif, H. (2003). The choice of probing site by *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: braconidae) foraging for *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 39, 265-276. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(02\)00023-1](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(02)00023-1)

Du, L., Ge, F., Zhu, S. & Parajulee, M.N. (2004). Effect of cotton cultivar on development and reproduction of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) and its predator *Propylaea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology*, 97, 1278-1283. <https://doi.org/10.1093/jee/97.4.1278>

Eliopoulos, P.A. & Stathas, G.J. (2005). Effects of temperature, host instar, and adult feeding on progeny production by the endoparasitoid *Venturia canescens* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environmental Entomology*, 34(1), 14-21. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-34.1.14>

Erb, S.L., Bouchier, R.S., van Frankenhuyzen, K. & Smith, S.M. (2001). Sublethal effects of *Bacillus thuringiensis* Berliner subsp. *kurstaki* on *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) and the tachinid parasitoid *Compsilura concinnata* (Diptera: Tachinidae). *Environmental Entomology*, 30, 1174-1181. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.6.1174>

Faal Mohammadali, H. & Shishehbor, P. (2013). Development, fecundity and life-table Parameters of *Habrobracon hebetor* (Hym: Braconidae) parasitizing *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: pyralidae): effect of host diet. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 2, 411-419.

Hemmati, S.A., Shishehbor, P. & Stelinski, L.L. (2022). Life table parameters and digestive enzyme activity of *Spodoptera littoralis* (Boisd) (Lepidoptera: Noctuidae) on selected legume cultivars. *Insects*, 13, 661. <https://doi.org/10.3390/insects13070661>

- Iranipour, S., Farazmand, A., Saber, M., Jafarloo, M. (2009). Demography and life history of the egg parasitoid, *Trichogramma brassicae*, on two moths *Anagasta kuehniella* and *Plodia interpunctella* in the laboratory. *Journal of Insect Science*, 9, 1-7. <https://doi.org/10.1673/031.009.5101>
- Kumral, N.A., Kovanci, B. & Akbudak, B. (2007). Life tables of the olive leaf moth, *Palpita unionalis* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), on different host plants. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 1, 105-110.
- Li, Y., Hill, C.B., & Hartman, G.L. (2004). Effect of three resistant soybean genotypes on the fecundity, mortality, and maturation of soybean aphid (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 97, 1106-1111. <https://doi.org/10.1093/jee/97.3.1106>
- Locatelli, D.P., Limonta, L. (1998). Development of *Ephestia kuehniella* (Zeller), *Plodia interpunctella* (Hübner) and *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae) on kernels and whole meal flours of *Fagopyrum esculentum* (Moench) and *Triticum aestivum* L. *Journal of Stored Products Research*, 4, 269-276. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(98\)00008-3](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(98)00008-3)
- Madboni, M.A.Z. & Pourabad, R.F. (2012). Effect of different wheat varieties on some of developmental parameters of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Munis Entomology and Zoology*, 7, 1017-1022.
- Madboni, M.A.Z. & Pourabad, R.F. (2012). Effect of different wheat varieties on some of developmental parameters of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Munis Entomology and Zoology*, 7, 1017-1022. <https://doi.org/10.22124/IPRJ.2018.3112>
- Mahdinasab, Z., Shishehbor, P. & Faalmohammadali, J. (2014). Effect of different diet regimes of Mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* (Zeller) on biological characteristics and life table parameters of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) under laboratory conditions. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 37, 81-96.
- Mohammadi, S. & Mehrkhou, F. (2020). Effects of various cereal flour on life table parameters of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Crop Protection*. 9(1), 29-39.
- Naseri, B. & Bidar, F. (2015). Two-sex life table parameters of Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lep.: Pyralidae) on different barley and wheat cultivars. *Journal of Entomological Society of Iran*, 35(3), 63-75.
- Naseri, B. & Majd-Marani, S. (2022). Different cereal grains affect demographic traits and digestive enzyme activity of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Stored Products Research*, 95, 101898. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101898>
- Nemati-Kalkhoran, M., Razmjou, J., Borzoui, E. & Naseri, B. (2018). Comparison of life table parameters and digestive physiology of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) fed on various barley cultivars. *Journal of Insect Science*, 18, 1-9. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey022>

Philips, T.W. & Strand, M.R. (1994). Larval secretions and food odors in female *Plodia interpunctella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 71, 185-192. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1994.tb01785.x>

Rahimi Namin, F. Naseri, B., Nouri Ghanbalani, Gh. & Razmjou, J. (2018). Demographic studies of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on various barley cultivars. *Journal of Stored Products Research*, 79, 60-65. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.09.002>

Rees, D. (2003). *Insects of stored products*. CSIRO Publishing, London.

Schöller, M., Prozell, S. A., Al-Kirshi, G. & Reichmuth, C. (1997). Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. *Journal of Stored Products Research*, 33, 81-97. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(96\)00048-3](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(96)00048-3)

Scriber, J.M. and Slansky, F. (1981). The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology*, 26, 183-211.

Shafique, M., Vita, G., Anwar, M., Qureshi, Z.A., Ahmad, M. & Shakoori, A.R. (1994). Development of Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* (Zeller) at different temperatures. *Proceedings of Pakistan Congress of Zoology*, 12, 655-659.

Sorge, D., Nauen, R., Range, S. & Hoffmann, K.H. (2000). Regulation of vitellogenesis in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Insect Physiology*, 46, 969-976. [https://doi.org/10.1016/s0022-1910\(99\)00207-3](https://doi.org/10.1016/s0022-1910(99)00207-3)

SPSS, computer software. (2007). *SPSS base 16.0 user's guide*. SPSS Incorporation, Chicago, IL.

Subramanyam, B., Hagstrum, D.W. (1993). Predicting development times of six stored-product moth species (Lepidoptera: Pyralidae) in relation to temperature, relative humidity and diet. *European Journal of Entomology*, 90, 51-64.

Tarlack, P., Mehrkhou, F. & Mousavi, M. (2015). Life history and fecundity rate of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) on different wheat flour varieties. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 48, 95-103. <https://doi.org/10.1080/03235408.2014.882135>

Vinuela, E. & Marco, V. (1990). Effects of some factors on the eclosion of eggs of *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), SHILAP Sociedad Hispano Luso. *Americanan de Lepidopterologia*, 18, 317-324.

War, A.R., Paulraj, M.G., Ahmad, T., Buhroo, A. A., Hussain, B. & Ignacimuthu, S. (2012). Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signaling and Behavior*, 7, 1306-1320. <https://doi.org/10.4161/psb.21663>

Xu, J. (2010). Reproductive behavior of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), Ph. D. thesis. Massey University, Palmerston North, New Zealand.

Xu, J., Wang, Q. & He, X.Z., (2008). Emergence and Reproductive Rhythms of *Ephestia kuehniella* (lepidoptera: pyralidae). *Journal of New Zealand Plant Protection*, 61, 277-282.

Yazdanian, M. (2000) Studying of the development of Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*, rearing on some foods prepared from meal and bran of wheat. MSc thesis, Tabriz University, 125 pp.



© 2023 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



Effect of various cereal hosts on population growth traits of the mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)

S. Pashaei¹, J. Razmjou^{2*}, H. Rafiee Dastjerdi², A. Ebadollahi³, B. Naseri²

1. M. Sc. Graduate Student, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. *Corresponding Author: Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (razmjou@uma.ac.ir)
3. Associate Professor, Department of Plant Sciences, Moghan of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 16 August 2022

Accepted: 15 November 2022

Abstract

Background and Objectives

The Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), is one of the world's most significant pests of stored products. *E. kuehniella* eggs and larvae are widely used in rearing parasitoids and predators for biological control programs. The purpose of this study was to look at the effects of various cereal hosts and cultivars, including wheat (Meraj, Paya and Aftab cultivars), barley (Oxin, Faraz and Fardan cultivars), rice (Hashemi cultivar), maize (704 Hybrid), sorghum (Spidfit cultivar), rye (Danko cultivar) and millet (Morvaridi cultivar) on life history variables, biological characteristics and population growth parameters of *E. kuehniella*. In addition, biochemical (protein and starch contents) and physical (humidity and hardness index) characteristics of the cereal hosts were evaluated to understand any possible correlation between important demographic parameters and biochemical and biological features of the cereal hosts.

Materials and Methods

The *E. kuehniella* larvae were reared in a growth chamber at $26 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ RH, and a photoperiod of 14:10 (L:D) hours on each cereal host. The duration of each stage, developmental period, and survival rate were observed and recorded daily. TWOSEX-MS Chart was used to analyze the life table parameters of *E. kuehniella*. The biochemical metabolites of cereals were measured using Bradford's (1976) and Bernfeld's (1955) methods.

Results

Our findings showed that various kinds of cereal significantly impact the life history and demographical parameters of *E. kuehniella*. The millet host had the longest development time (66.57 days), while the rice and maize hosts had the shortest on Paya and Aftab cultivars. Total fecundity (mean number of eggs laid during the reproductive period) of *E. kuehniella* varied significantly depending on the hosts tested. The lowest fecundity values were observed on the

millet host (49.10 ± 2.92 eggs), while the highest was on the maize host (136.18 ± 7.36 eggs). The maize host had the highest intrinsic rate of increase (0.067 day^{-1}), and the millet host had the lowest (0.033 day^{-1}) host. Significant differences in physical characteristics and biochemical metabolites were observed between the various hosts in this study. Furthermore, significant positive or negative associations were discovered between different hosts' life history variables and humidity percentage, hardiness index, protein, and starch contents.

Discussion

According to the findings, sorghum (Spidfit cultivar) and millet (Morvaridi cultivar) were the least suitable (relatively resistant) hosts for *E. kuehniella* growth. In contrast, wheat (Meraj cultivar) and maize, on the other hand, were the most suitable hosts for the mass rearing of *E. kuehniella*.

Keywords: *Diets, Life table, Primary plant metabolites, Cereal flour*

Associate editor: A. Rasekh (Prof.)

Citation: Pashaei, S., Razmjou, J., Rafiee Dastjerdi, H., Ebadollahi, A. & Naseri, B. (2023). Effect of various cereal hosts on population growth traits of the mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 45(4), 1-17. <https://doi.org/10.22055/ppr.2022.17885>.